

実際に使用されてきた地中構造物の載荷実験に基づく地震時耐力・変形性能に関する研究 その1 非線形挙動に与える材料特性の影響

中部電力 正会員 橘 泰久, 正会員 仲村治朗
佐藤工業 正会員 秋山伸一, 正会員 荒添正棋

1. はじめに

著者らは既設地中構造物の耐震安全性照査手法の向上を目的として、実際に使用されてきた鉄筋コンクリート製地中ボックスカルバートを用いて載荷実験を行ってきた^{1),2)}。この実験は、現地で施工され、しかも供用開始後約13年が経過した実構造物から試験体を数体切り出して用いた点に特徴がある。ところで、これらの試験体の材料特性には施工の影響によると考えられるばらつきが見られた。ここでは、これまでの実験結果を通して、このような材料特性のばらつきが構造物の非線形挙動に与える影響について検討した。

2. 実験の概要

載荷実験に用いる試験体は、実物のボックスカルバート約20mの区間から切り出した。実験に用いた構造物の形状と配筋を図-1に、試験体切り出し位置を図-2に示す。本文では図-2に示すNo.1~3の試験体による実験を取り上げる。これらの試験体は施工目地を挟んで両側で切り出されているため、断面AおよびBで採取したコアを用いた材料試験を行った。その結果を表-1に示す。表-1によると、コンクリートの圧縮強度は断面AとBで約1割程度のばらつきがあるとともに、部材毎にも圧縮強度にばらつきがある。このようなばらつきは現地施工による影響に起因すると考えられる。一方、鉄筋については施工目地を挟んだ両側で同一の材種が用いられており、物性値はすべての試験体で共通であると考えられる。

これらの試験体のうち、試験体No.1とNo.2では交番載荷実験を行い、試験体No.3では単調載荷実験を行った。これらの実験では現地における土被り厚さ1mの上載土荷重を考慮し、試験体上面に合計40kNのインゴットを並べた。一方、側壁上端部に設置した油圧アクチュエーター2台により水平方向に圧縮力を交互に加え、地震時のせん断変形を模擬した。

3. 実験結果の検討

交番載荷実験(実験-1, 実験-2)における頂版での荷重と変位の関係を図-3に示す。図-3によると、水平変位37mm(部材変形角1/50rad)までは実験-1と2の結果が一致している。ところが、ここからさらに変位が増大すると、両者に差が現れ、最終的には異なる載荷サイクルでせん断破壊に至る。しかも、図-5に示すように、これらのせん断破壊は異なる部材で発生している。さて、これらの試験体の材料特性は同一であるため、確かに最大耐力を越えて次第に耐力が低下する付近までは両者の挙動は一致する。しかし、両者の材料特性が一致していても、例えば、ひび割れの発生位置などは微妙に異なる。その結果、実験初期に現れるこうした微妙な差は、部材の塑性化が深く進行した状態に至ると、次第に顕著な差

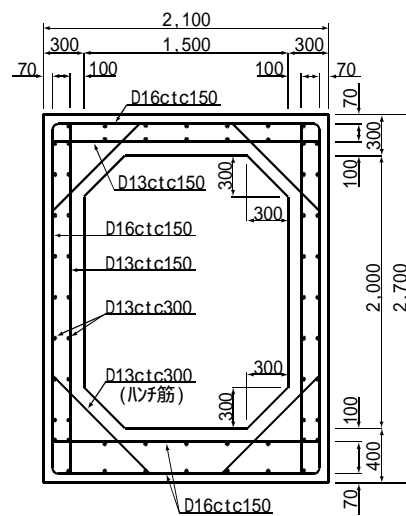


図-1 構造物の形状と配筋

表-1 構造物の材料特性

コンクリートの材料特性		
部材	圧縮強度(N/mm ²)	
	断面A	断面B
頂版	27.4	25.5
側壁	37.2	35.5
底版	25.1	29.0
鉄筋(SD345)の材料特性		
鉄筋径	降伏強度(N/mm ²)	
D13	381.9	
D16	379.3	

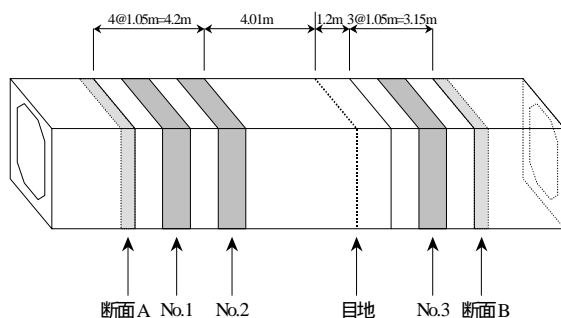


図-2 試験体切り出し位置

キーワード：既設地中構造物, 載荷実験, 耐震設計, 非線形挙動, 材料特性

中部電力(株)土木建築部 〒461-8680 名古屋市東区東新町1番地, TEL.052-973-2254, FAX.052-973-3173
佐藤工業(株)中央技術研究所 〒103-8639 中央区日本橋本町4-12-20, TEL.03-5823-2352, FAX.03-5823-2358

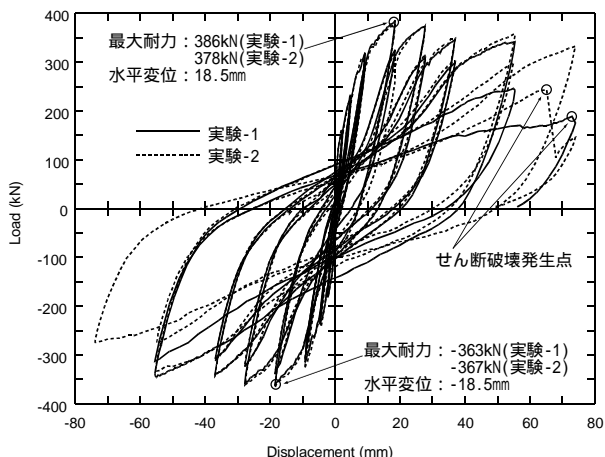


図-3 荷重-変位曲線（交番载荷実験）

に発展するため、最終的には両者で異なる終局状態を迎えたと考えられる。

単調载荷実験(実験-3)では部材が塑性化した状態での単調载荷を試みるため、図-4に示すように、水平変位 37mm まで負方向に载荷した後、正方向に载荷した。その結果、水平変位 98mm で側壁下端部にせん断破壊が発生した。

つぎに、上記の単調载荷実験と交番载荷実験による荷重-変位曲線の包絡線を図-6に示す。図-6によると、水平変位 9.3mm(1/200rad)までの区間では単調载荷実験による負方向側の曲線と交番载荷実験による包絡線は一致しているが、これを越えると両者に差が見られるようになる。さらに、水平変位 18.5mm(1/100rad)を過ぎると、耐力は単調载荷実験で増加するが、交番载荷実験では低下する。このような差が現れるのは、载荷方法によって構造物の塑性化の進行が異なることに起因する。すなわち、単調载荷実験では交番载荷実験に比べ塑性化の進行が少ないため、同一変位における耐力は単調载荷実験の方が高い。一方、水平変位 37mm(1/50rad)以上を見ると、単調载荷実験の正方向载荷曲線が交番载荷実験の包絡線に重なっている点が注目される。この区間では上述した载荷方法の違いによる塑性化の進行に差はなく、3体の試験体が同一の状態にあると考えられる。これらの結果から、単調载荷実験と交番载荷実験の間で材料特性のばらつきに起因する影響は見られない。

4. まとめ

以上をまとめると、材料試験に見られる材料特性のばらつきは鉄筋コンクリート構造物の非線形挙動に大きな影響を与えない。交番载荷実験と単調载荷実験で現れた耐力の差は、载荷方法による塑性化進行の差に起因する。換言すれば、载荷方法が異なっても塑性化の進行が一致していれば耐力に差は生じない。これらの結果は既設構造物の耐震安全性を検討する上で重要な知見である。一方、同一の材料特性であっても存在する微少な差が塑性化の進行に伴って大きな差へと発展し、最終的に異なる破壊過程を示す場合があることは注目すべき点であり、今後さらに検討を要するものと思われる。

-参考文献-

- 1)橋・平松・秋山・荒添：実際に使用されてきた地中構造物の载荷実験，第55回土木学会年次講演会， -B141,2000.
- 2)荒添・平松・秋山・橋：実際に使用されてきた地中構造物の変形性能に関する検討，第55回土木学会年次講演会， -B144,2000.

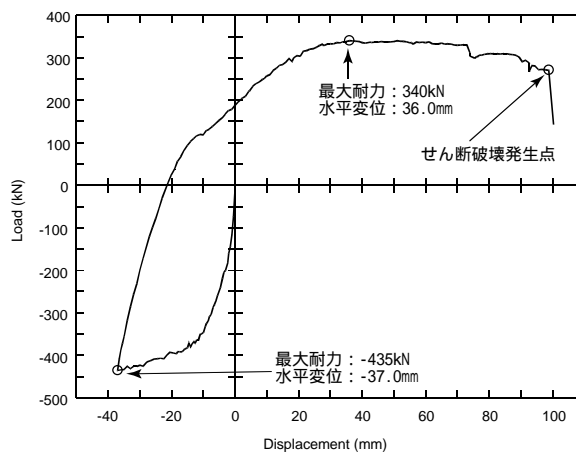
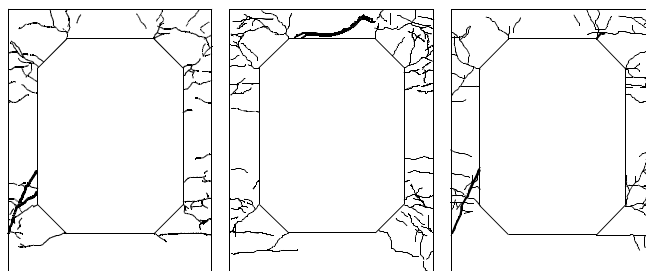


図-4 荷重-変位曲線（単調载荷実験）



実験-1 実験-2 実験-3

図-5 ひび割れ状況(太線はせん断ひび割れを示す)

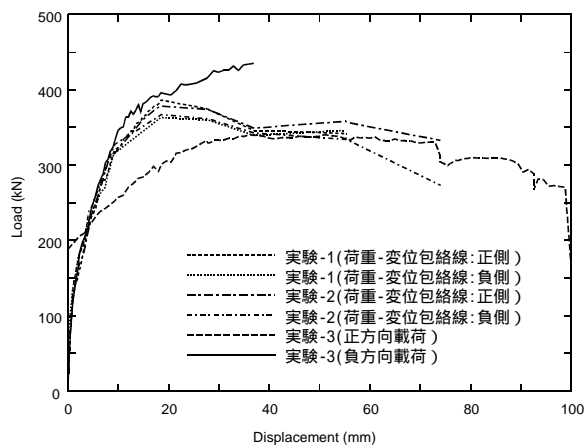


図-6 単調载荷実験と交番载荷実験の比較